



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

22 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 197 17 014 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
B 29 C 39/42
G 02 B 1/04

21 Aktenzeichen: 197 17 014.5
22 Anmeldetag: 23. 4. 97
43 Offenlegungstag: 29. 10. 98

DE 197 17 014 A 1

71 Anmelder:
Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH, 55129 Mainz,
DE
74 Vertreter:
Fuchs, Mehler, Weiß, 65189 Wiesbaden

72 Erfinder:
Ehrfeld, Wolfgang, Prof. Dr., 55124 Mainz, DE;
Lacher, Manfred, 55116 Mainz, DE; Weber, Lutz, Dr.,
55288 Gabsheim, DE; Pech, Bernhard, 55118 Mainz,
DE; Hoßfeld, Jens, Dr., 61381 Friedrichsdorf, DE;
Diehl, Torsten, 64405 Fischbachtal, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

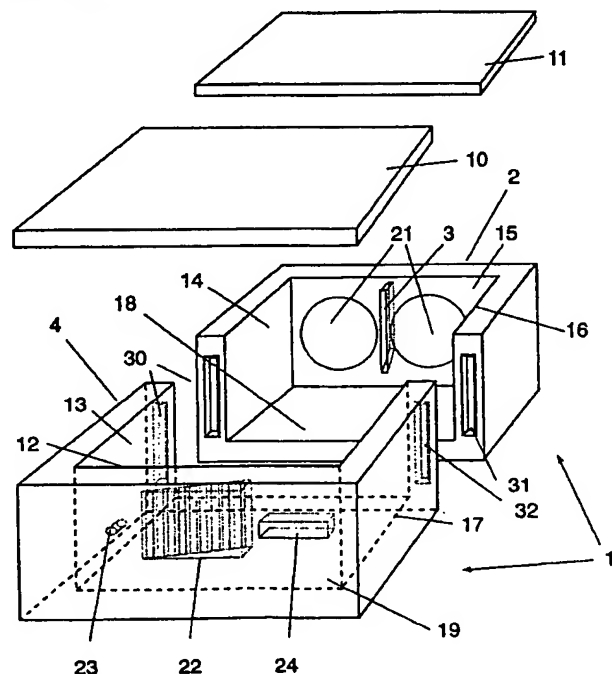
DE 196 02 736 A1
DE 43 40 106 A1
DE 24 45 186 A1
DE-GM 19 82 656
US 54 43 784
EP 06 37 490 A1

NAWRATH, P.: Spritzpreß-Werkzeuge für
konturscharfe Oberflächenstrukturierung.
In: Plastverarbeiter, 46.Jg., 1995, Nr.7,
S.42-46;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Form zur Herstellung miniaturisierter Formenkörper

57 Es wird ein Verfahren beschrieben, bei dem die räumliche Zuordnung der Strukturen miniaturisierter Formenkörper während des Herstellungsvorgangs präzise festgelegt wird, so daß eine nachträgliche Justierung der Strukturen zueinander entfällt und eine Massenfertigung ermöglicht wird. Das Verfahren sieht vor, daß eine Form mit mindestens zwei selbstjustierend zusammenwirkenden Formeinsätzen verwendet wird, wobei die Justierung der Formeinsätze zueinander beim Schließen der Form erfolgt. Die Wände können zwei- und/oder dreidimensionale Strukturen aufweisen. Die Form wird mit fließ- oder rieselfähigem Material gefüllt und anschließend wird das eingefüllte Material verfestigt. Nach dem Verfestigen des eingefüllten Materials wird die Form geöffnet und der Formenkörper entnommen. Die Form weist mindestens zwei Formeinsätze (2, 4) auf, die selbstjustierende Justagemittel (30, 31, 32, 33, 34, 36) für die präzise Relativjustage während des Schließvorgangs der Formsätze (2, 4) sowie zwei- und/oder dreidimensionale Strukturen aufweisen.



DE 197 17 014 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Form zur Herstellung miniaturisierter Formenkörper, deren Detailabmessungen im Submikrometerbereich liegen.

Solche miniaturisierten Formenkörper werden vorzugsweise in der Optik, der Hochfrequenztechnik, der Fluidik sowie bei elektromagnetischen Anwendungen eingesetzt. Sie müssen sehr präzise Abmessungen und Detailstrukturen im Submikrometerbereich aufweisen und bestehen aus Materialien, die für die Funktionsfähigkeit der Formenkörper von entscheidender Bedeutung sind.

Komplexe optische miniaturisierte Bauelemente wurden bisher in der Weise hergestellt, daß die Einzelkomponenten wie Beugungsgitter, Spiegel usw. in getrennten Fertigungsverfahren hergestellt, dann sorgfältig justiert und montiert werden mußten. Für die Massenfertigung waren diese Verfahren nicht geeignet, weil jedes optische miniaturisierte Bauelement die aufwendige Justierung der Einzelkomponenten erforderlich macht.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde in der DE 36 11 246 C2 vorgeschlagen, die optischen Komponenten des Bauelementes einschließlich des oder der Echelette-Gitter auf röntgenlithographischem, röntgentiefenlithographisch-galvanoplastischem oder hiervon abgeleiteten abformtechnischem Wege herzustellen, wobei die Gitterlinien parallel zur Röntgenstrahlung verlaufen. Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß dreidimensionale Strukturen, wie z. B. in zwei Ebenen gekrümmte Spiegel nicht hergestellt werden können, weil in Richtung der Röntgenstrahlung wegen der geradlinigen Ausbreitung keine Strukturierung möglich ist.

Bei diesen mikrotechnischen Verfahren eröffnet die LIGA-Technik eine große Form- und Materialvielfalt sowie eine hohe Präzision der Detailstrukturen (s. z. B. W. Ehrfeld, H. Lehr, Rad. Physics and Chemistry, 1995, Pergamon Press). Dabei entstehen Formeinsätze, die durch verschiedene Abformtechniken als Kunststoff-, Metall- oder Keramikteil repliziert werden können und eine Strukturierung nur an den Seitenwänden des Hohlkörpers aufweisen.

Durch die Abformung eines mittels LIGA-Technik gefertigten, geöffneten Hohlkörpers wird dessen Seitenwandprofil (z. B. Gitter, Spiegel) übertragen. Die optischen Elemente weisen dabei nur in einer Ebene eine Krümmung auf, so daß eine Fokussierung des Lichts nur in dieser Ebene stattfindet. Bei der Herstellung miniaturisierter optischer Bauelemente wird zur Führung und Begrenzung des Lichtwegs in der dazu senkrechten Richtung deshalb eine Schichtwellenleiteranordnung eingesetzt, deren Höhe beschränkt ist (vgl. z. B. Interdisciplinary Science Reviews, 1993, 18, No. 3, S. 273).

Bei diesen miniaturisierten optischen Bauelementen besteht ein weiterer Nachteil darin, daß aufgrund der durch das Herstellungsverfahren begrenzten Schichtdicke des optischen Bauelementes dieses an der Ober- und Unterseite mit jeweils einem Substrat versehen werden muß, so daß eine Schichtwellenleiteranordnung entsteht, bei der das Licht durch Totalreflexion an der Grenze des Mikrobauelementes zum Substrat innerhalb des Mikrobauelementes geführt wird. Da diese Grenzfläche im allgemeinen nicht genügend glatt ausgeführt ist, tritt hierbei störende Streustrahlung auf.

Wegen der Modenabhängigkeit der Ausbreitungskonstanten tritt bei Schichtwellenleiteranordnungen jedoch eine Auflösungsverminderung ein (vgl. A. Reule, Optik 66, No. 1 (1983), S. 73-90). Es ist daher wünschenswert, eine Freistrahloptik bei miniaturisierten Bauelementen zu realisieren, bei der die Lichtstrahlen sich ungehindert im miniaturisierten optischen Bauelement ausbreiten können. Es muß daher

nach einem Herstellungsverfahren gesucht werden, das es gestattet, in zwei Ebenen gekrümmte Seitenwände des miniaturisierten Bauelementes zu fertigen und damit eine Fokussierung des Lichts in zwei zueinander senkrechten Ebenen sowie eine verbesserte Auflösung zu realisieren.

Es sind zwar sogenannte monolithische Miniaturspektrometer bekannt, die eine solche Freistrahloptik erlauben, allerdings muß hier zunächst ein Glaskörper ohne Strukturierung hergestellt werden. Alle optischen Komponenten, wie abbildendes Gitter, Faserquerschnittswandler als optische Eingänge und Diodenzeilen als opto-elektronische Ausgänge sind um den Zentralkörper angeordnet und müssen mit diesem verklebt werden, was ebenfalls bei jedem Bauelement eine entsprechende Justierung erforderlich macht.

Ein ähnliches Verfahren ist aus der EP 0 489 286 B1 bekannt. Das Ausbilden von Strukturen durch Heißpressen einzelner Flächen eines Glaskörpers wird in der DE 32 16 516 A1 beschrieben, wobei dann, wenn mehrere Flächen strukturiert werden sollen, mehrere Glaskörper hergestellt und bearbeitet und anschließend zusammengeklebt werden müssen.

Aus der DE 44 23 842 A1 ist ein Steckverbinder für Lichtwellenleiter und ein Formeinsatz zur Herstellung bekannt, der aus mehreren nebeneinander angeordneten Teilen besteht, wobei die Formteile ihre Strukturen nur auf einer Seite aufweisen. Die mikrotechnisch gefertigten Anschlagsstrukturen sind nicht selbstjustierend, sondern dienen nur als Hilfsmittel für die Positionierung der Teile zueinander. Auf die Formteile wird als Oberteil eine Feinverteilerplatte aufgelegt, die bezügl. der Formteile justiert werden muß.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem die räumliche Zuordnung der Strukturen miniaturisierter Formenkörper während des Herstellungsvorganges präzise festgelegt wird, so daß eine nachträgliche Justierung der Strukturen zueinander entfällt und eine Massenfertigung ermöglicht wird, wobei insbesondere eine präzise Zuordnung auch von Strukturen auf gegenüberliegenden Außenflächen des Formkörpers erreicht werden soll. Im Hinblick auf die Fertigung miniaturisierter optischer Bauelemente soll auch die Realisierung einer Freistrahloptik möglich sein. Es ist auch Aufgabe der Erfindung, eine Form zur Durchführung dieses Verfahrens bereitzustellen.

Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß eine Form mit mindestens zwei selbstjustierend zusammenwirkenden Formeinsätzen, deren Wände zwei- und/oder dreidimensionale Strukturen aufweisen, mit fließ- oder rieselfähigem Material gefüllt wird, das eingefüllte Material verfestigt wird und nach dem Verfestigen des eingefüllten Materials die Form geöffnet und der Formenkörper entnommen wird.

Durch die Verwendung selbstjustierender Formeinsätze wird die räumliche Zuordnung der Strukturen durch die Selbstjustierung der Formeinsätze beim Schließen der Form festgelegt, so daß eine nachträgliche Montage von Einzelkomponenten entfällt. Die Formeinsätze können beliebig strukturiert sein, so daß auch dreidimensionale Strukturierungen, wie z. B. Hohlspiegelstrukturen, ohne Einschränkungen Verwendung finden können. Aufgrund der einmal festgelegten Justierung lassen sich eine Vielzahl von Formenkörpern mit gleichbleibend hoher Präzision herstellen. Die Massenfertigung wird auch dadurch ermöglicht, daß vorzugsweise Spritzgieß- oder Reaktionsgießverfahren eingesetzt werden können.

Die Grundform des Formenkörpers läßt sich in einem einzigen kostengünstigen Abformschritt vorzugsweise aus nur einem Material herstellen. Als Werkstoffe können beliebige, für den jeweils vorgesehenen Einsatzzweck angepaßte Materialien verwendet werden. Vorzugsweise wird flüssiges Polymermaterial, ein Gemisch aus Monomermaterialien,

das in der Form polymerisiert, pulverförmiges Material oder Schlickermaterial verwendet. Das Material muß in der Lage sein, Strukturen mit Detailabmessungen im Submikrometerbereich ohne die Bildung störender Hohlräume vollständig auszufüllen. Je nachdem welches Material verwendet wird, erfolgt das Verfestigen durch Aushärten, z. B. bei der Verwendung von Reaktionsharzen, durch Abkühlen, z. B. bei der Verwendung von geschmolzenem Polymermaterial oder durch Trocknen, Sintern und Brennen, wenn pulverförmige Materialien oder Schlickermasse verwendet wird. Wenn optische Mikrobauelemente hergestellt werden sollen, wird vorzugsweise optisch transparentes Material, z. B. PMMA oder PC verwendet. Es ist auch möglich, Gießharze auf Methacrylbasis in die Form einzubringen und eine Polymerisation in der Form durchzuführen.

Aufgrund der Festlegung der räumlichen Zuordnung der Strukturen sind diese vorzugsweise ausschließlich auf den Wänden der selbstjustierenden Formeinsätze vorgesehen. Die Anzahl der selbstjustierenden Formeinsätze richtet sich nach der Komplexität der Strukturen sowie nach der Anzahl der Flächen des Formenkörpers, die Strukturen aufweisen sollen. Als Strukturen bei optischen Mikrobauelementen können planare oder gekrümmte Beugungsgitterstrukturen, planare oder gekrümmte Spiegelstrukturen und/oder mindestens eine Anschlußstruktur für polychromatisches und/oder monochromatisches Licht auf oder in den Wänden der selbstjustierenden Formeinsätze vorgesehen sein. Es lassen sich somit miniaturisierte Spektrometer in einem einzigen Arbeitsschritt herstellen, wobei die Dicke solcher Spektrometer nicht begrenzt ist, so daß eine Freistrahloptik realisiert werden kann.

Nach der Entnahme des Formenkörpers aus der Form können die Strukturen, wenn z. B. ein optisches Mikrobauelement hergestellt werden soll, ganz oder teilweise verspiegelt werden. Dies kann z. B. über eine Maskierung und eine oberflächen- oder strukturselektive Plasmabearbeitung erfolgen. Möglich sind auch Aufdampfverfahren, Sputtern und/oder Galvanisieren. Die Metallbeschichtung erhöht die Reflektivität der an den Körperwänden ausgebildeten Spiegel und Gitter. Wesentlich ist hierbei, daß der Strahlengang in dem optisch transparenten Material eine Freistrahloptik erlaubt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann mittels des Formenkörpers (1. Formkörper) ein weiterer Formkörper (2. Formkörper) hergestellt werden, der ein Hohlkörper ist. Nach der Entnahme des ersten Formenkörpers aus der Form wird dieser zur Herstellung des zweiten Formenkörpers abgeformt. Das Abformen kann durch das Aufbringen mindestens einer metallischen Schicht auf dem ersten Formkörper erfolgen. Anschließend wird das Material des ersten Formenkörpers entfernt, was mit bekannten Ätztechniken erfolgen kann.

Der Aufbau des zweiten Formenkörpers erfolgt vorzugsweise durch selektive Abscheidung verschiedener Funktionsschichten auf dem ersten, vorzugsweise aus Polymeren bestehenden Formkörper. Die Oberflächenbeschichtung wird beispielsweise ortsselektiv am ersten Formkörper vorgenommen und dient mehreren Zwecken:

- als elektrisch leitende und haftfähige Startschicht für den nachfolgenden Galvanisierungsprozeß,
- als Startschicht mit höchster Reflektivität im Spiegel- und Gitterbereich,
- als Absorptionsschicht für Wandbereiche, die nicht im Sollstrahlengang liegen.

Das Aufbringen der Schichten kann durch selektives Aufdampfen, Sputtern oder Galvanisieren metallischer Schich-

ten erfolgen, wobei die Ortsselektivität durch eine Maskierung während der Beschichtung erreicht wird. Spiegel- und Gitterbereiche am ersten Formkörper werden typischerweise mit einer Goldschicht bedeckt, wohingegen die allgemeine Startschicht z. B. aus Schwarzchrom besteht und somit durch einen sehr niedrigen Reflexionsgrad Streulichteinflüsse bei einer Nutzung des zweiten Formenkörpers als Spektrometer reduziert. Der Metallkörper wird durch galvanische Abscheidung weiter aufgebaut und verstärkt, so daß schließlich eine stabile metallische Ummantelung des ersten Formenkörpers vorliegt.

Anschließend wird der Polymerkern durch Spülen mit einem Lösungsmittel herausgelöst, so daß letztlich eine metallische Hohlform vorliegt.

Um den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des metallischen zweiten Formenkörpers zu minimieren, läßt sich dieser z. B. aus Nickel-Eisen-Legierung mit geringem Ausdehnungskoeffizienten aufbauen (z. B. 65% Fe, 35% Ni). Der so entstehende stabile metallische Hohlkörper weist somit gegenüber Formkörpern, die aus Polymermaterialien bestehen oder bei denen Licht in Polymermaterialien geführt wird, entscheidende Vorteile auf:

- Die in den Hohlkörpern eingeführte elektromagnetische Strahlung wird durch keinerlei wellenlängenabhängige Dämpfung, Dispersion oder Absorption beeinträchtigt, wie dies z. B. bei Polymermaterialien im ultravioletten und infraroten Bereich auftritt.
- Durch die Anwendung eines metallischen Formenkörpers wird dessen Einsatzfähigkeit in einem weiten Temperaturbereich möglich. Dies ist ein weiterer Vorteil gegenüber Polymermaterialien, da deren linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient um ein bis zwei Größenordnungen größer als bei metallischen Materialien ist.
- Ein metallischer Formkörper weist eine höhere mechanische Festigkeit auf.

Die räumliche Zuordnung der Strukturen bleibt auch beim zweiten Formkörper erhalten, so daß keine Justierung erforderlich ist.

Die Form zur Durchführung des Verfahrens sieht mindestens zwei Formeinsätze vor, die selbstjustierende Justagemittel für eine präzise Relativjustage während des Schließvorgangs sowie zwei- und/oder dreidimensionale Strukturen aufweisen. Als Material für die Formeinsätze können u. a. Metalle verwendet werden. Die Formeinsätze weisen vorzugsweise zunächst glatte Wände auf, deren Strukturierung auf unterschiedliche Weise realisierbar ist. Die Strukturierung kann durch additive Verfahren erfolgen, z. B. durch lithographische Strukturierung eines auf einer Platte aufgetragenen Resistmaterials und anschließende galvanische Befüllung. Andere präzise, subtraktive Bearbeitungsmethoden sind das Senk- und Drahterodieren sowie die Ultrapräzisionsbearbeitung. Bei dem letztgenannten Verfahren schneidet z. B. zur Herstellung einer Hohlspiegelstruktur ein an einer Spindel befestigtes Schneidwerkzeug, z. B. aus Diamanten, mit hoher Geschwindigkeit Späne aus dem Werkstück, das gleichzeitig um die Symmetrieachse der zu erzeugenden Hohlspiegelstruktur rotiert.

Eine andere Bearbeitungsweise nutzt erosive Verfahren, in denen eine Elektrode aus Flachmaterial eine Kontur entsprechend der Hohlspiegelform aufweist und diese Form über eine rotierende Bewegung in das Wandmaterial einträgt.

Eine dritte Möglichkeit zur Formherstellung nutzt wiederum Abformtechniken, indem eine bestehende Form, z. B. aus Glas, mittels galvanischer Abformung repliziert

und die dabei entstandene Metallstruktur auf die Wand des Formeinsatzes übertragen wird und die dabei entstandene Metallstruktur eine der Wände des Formeinsatzes darstellt.

Es ist auch möglich, die Strukturen als separate Bauteile auf den glatten Wänden der Formeinsätze zu befestigen. Solche separaten Bauteile lassen sich z. B. durch holographische Abbildungen eines lichtempfindlichen Polymers und dessen anschließende galvanische Abformung z. B. mit Nickel erzeugen.

Eine andere Möglichkeit ist die tiefenlithographische Schattenprojektion der auf einer Maske vorliegenden Form mittels Synchrotronstrahlung und anschließender galvanischer Abformung.

Das Aufbringen dieser, die Strukturen aufweisenden separaten Bauteile auf den Wänden der Formeinsätze kann auf verschiedene Weise erfolgen. Die notwendige hohe Festigkeit der Verbindung läßt sich z. B. mit Löttechniken, Diffusions-, Laser- oder konventionellen Schweißtechniken erreichen.

Die Strukturen können Vertiefungen oder Erhöhungen sein.

Als Justagemittel können die Formen Vorsprünge oder Ausnehmungen beliebiger Art aufweisen, wobei sichergestellt sein sollte, daß bei einem Verbinden der Formeinsätze ein Formschluß vorliegt. Diese Justagemittel müssen ebenfalls hochpräzise gefertigt sein, so daß beim Zusammenfügen der Formeinsätze die gewünschte gegenseitige Zuordnung der Strukturen auf den Formeinsatzwänden gewährleistet ist.

Beispielhafte Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert:

Es zeigen:

Fig. 1 eine Explosionsdarstellung einer Form,

Fig. 2 die Draufsicht auf zwei selbstjustierende Formeinsätze,

Fig. 3 und 4 Detaildarstellungen der Justagemittel,

Fig. 5 die Beschichtung eines Formenkörpers,

Fig. 6 die dreidimensionale Darstellung eines optischen Mikrobauelementes,

Fig. 7 den Strahlengang in einem solchen optischen Mikrobauelement, und

Fig. 8 einen metallischen Hohlkörper im Schnitt.

In der Fig. 1 ist eine Explosionsdarstellung einer Form 1 dargestellt, die aus den beiden Formeinsätzen 2 und 4 besteht, bei denen die Deckplatten 10, 11 zur besseren Übersichtlichkeit abgehoben sind. Die Strukturierung mit Detailabmessungen im Submikrometerbereich ist auf der Innenwand 12 des Formeinsatzes 4 sowie auf der Innenwand 15 des Formeinsatzes 2 vorgesehen. Die übrigen Wände 13, 14, 16 und 17 sowie die Bodenwände 18, 19 sind glatt ausgeführt. Auf der Wand 12 befinden sich eine Gitterstruktur 22 sowie zwei Anschlußstrukturen 23 und 24. Auf der Innenwand 15 des Formeinsatzes 2 sind zwei Hohlspiegelstrukturen 21 ausgebildet. Mit diesen Strukturen soll ein optisches Mikrospektrometer hergestellt werden, wie es beispielsweise in dem Art. von G. W. Stroke in Handbuch der Physik, Herausgeber S. Flügge, Band XXIX, Optische Instrumente, Springer-Verlag 1967, S. 455 beschrieben ist. Hierbei kommt es darauf an, daß nicht nur die räumliche Zuordnung der Anschlußstrukturen 23, 24 zur Gitterstruktur 22 sondern auch diese Strukturen wiederum präzise räumlich den Hohlspiegelstrukturen 21 zugeordnet sind. Insofern ist die Selbstjustierung nur bezüglich der Formeinsätze 2 und 4 erforderlich.

Die Justagemittel 30 bestehen in der hier gezeigten Ausführungsform aus einer Nut 31 und einer Feder 32, die beim Zusammenstecken der beiden Formeinsätze eine zweidimensionale Fixierung erlauben. Eine Fixierung auch in ver-

tikaler Richtung kann durch zusätzliche Ausnehmungen und Vorsprünge erzielt werden, die hier in dieser Darstellung allerdings nicht sichtbar sind.

Das Material, mit dem die Form 1 im geschlossenen Zustand ausgefüllt wird, kann über die Einlaßöffnung 3 eingeleitet werden. Zusatzeinrichtungen, wie z. B. Heizelemente zum Trocknen oder Aushärten des eingefüllten Materials sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Fig. 1 nicht dargestellt.

In der Fig. 2 ist die Draufsicht auf zwei Formeinsätze 2 und 4 dargestellt, die auf ihren Innenwänden dieselben Strukturen aufweisen wie in der Fig. 1. Als Justagemittel sind nutförmige Vertiefungen 33 sowie entsprechend geformte in diese Ausnehmungen eingreifende Vorsprünge 34 vorgesehen. Um das Zusammensetzen der Formeinsätze 2 und 4 zu erleichtern und die gegenseitige Justierung wiederholbar präzise einstellen zu können, besitzt der Vorsprung 34 Keilflächen 38, 39, die mit entsprechenden Keilflächen der Vertiefung 33 zusammenwirken (vgl. auch Fig. 3). Wie in der Fig. 4a zu sehen ist, füllt der Vorsprung 34 des Formeinsatzes die Ausnehmung 33 im zusammengesetzten Zustand nicht vollständig aus, so daß ein Freiraum 35 verbleibt. Dieser Freiraum 35 ist erforderlich, damit der Formschluß mit Sicherheit an den Stoßstellen der Formeinsätze 2 und 4 erfolgt, so daß eine Abdichtung bei der Formbefüllung entsteht.

In der Fig. 4b ist eine weitere Ausführungsform der Justagemittel 30 dargestellt. Es sind Vorsprünge 36 und 37 vorgesehen, die Keilflächen 38a, 39a aufweisen. Während die Anordnung der Justagemittel gemäß der Darstellung in Fig. 4a auf beiden Seiten der Formeinsätze gleich sind, ist die Anordnung gemäß der Fig. 4b so gewählt, daß eine spiegelbildliche Anordnung realisiert wurde, damit in seitlicher Richtung eine Fixierung stattfindet.

In der Fig. 5 ist die Draufsicht auf einen mit der Form 1 hergestellten Formenkörper 5 dargestellt, der als Formenkörper auch zur Herstellung eines zweiten Formenkörpers dienen kann. Die Strukturen 21-24 finden sich im Formkörper 5 als entsprechende Strukturen 21a-24a wieder. Da die Strukturen 21a und 22a Hohlspiegel bzw. ein Gitter ergeben sollen, ist eine metallische Beschichtung zur Herstellung einer Spiegelschicht erforderlich. Dies kann beispielsweise mit Hilfe von Masken 40, 41 erfolgen, wobei die Pfeile 42 die Richtung des Materialflusses bei dem Beschichtungsvorgang anzeigen. Es erfolgt hier eine flächenselektive Beschichtung, so daß sich ein Formkörper 5 ergibt, wie er in der Fig. 6 dargestellt ist.

Der Strahlengang in einem solchen optischen Mikrobauelement ist in der Fig. 7 zu sehen. Über die Anschlußstruktur 23a wird Licht in den Formenkörper 5 gelenkt, wobei die divergenten Lichtstrahlen 50 durch den gekrümmten linken Fokussierspiegel 21a parallelisiert und auf das Gitter 22a gelenkt werden. Dort wird der Lichtstrahl winkeldispersiv aufgespalten und einem weiteren, dem rechten Fokussierspiegel 21a zugeleitet, der die unterschiedlichen Wellenlängen ortsdispersiv in einer Bildebene abbildet, die auf der Anschlußstruktur 24a liegt.

In der Fig. 8 ist ein zweiter Formenkörper 60 dargestellt, der als metallischer Hohlkörper durch das Abformen eines ersten Formenkörpers erhalten wurde.

Nach der Entnahme des ersten Formenkörpers aus der Form 1 läßt sich durch galvanische Abformung ein metallischer Hohlkörper 60 als zweiter Formenkörper herstellen. Hierfür sollte der erste Formenkörper jedoch erhabene Strukturen 23a und 24a aufweisen, so daß nach dem Galvanikprozeß und der Entfernung des Polymerformkörpers Öffnungen 23b und 24b im Metallhohlkörper 60 verbleiben, die z. B. eine Lichteinkopplung ermöglichen. Die Strukturen

23a und 24a bilden dann keine Einbuchtung wie in Fig. 6 und 7 sondern ragen in diesem Fall als Zylinder und als Quader aus dem ersten Formenkörper heraus. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß anstatt erhabener Strukturen 23 und 24 im Formeinsatz 4 (vgl. Fig. 1 und 2) eingelassene Vertiefungen vorliegen und somit nach der Kunststoffabformung die gewünschte erhabene Ausführung am ersten Formenkörper vorliegt.

Die dicke Metallwand des zweiten Formenkörpers 60 weist nur an den Stellen 23b und 24b Öffnungen auf und bildet ansonsten einen geschlossenen Körper. Der Polymerkern (erster Formenkörper) läßt sich durch Spülen mit einem Lösungsmittel herauslösen, so daß letztlich eine metallische Hohlform vorliegt, die wie in Fig. 8 über Anschlußstrukturen 23b die Einkopplung von Licht erlaubt, wobei die divergenten Lichtstrahlen 50 durch den gekrümmten linken Fokussierspiegel 21b parallelisiert und auf das Gitter 22b gelenkt werden. Dort wird der Lichtstrahl winkeldispersiv aufgespalten und einem weiteren, dem rechten Fokussierspiegel 21b zugeleitet, der die unterschiedlichen Wellenlängen ortsdispersiv in einer Bildebene abbildet, die auf der Anschlußstruktur 24b liegt.

Bezugszeichenliste

- 1 Form
- 2 Formeinsatz
- 3 Einspritzöffnung
- 4 Formeinsatz
- 5 Formenkörper
- 10 Deckplatte
- 11 Deckplatte
- 12-17 Innenwand
- 18 Bodenwand
- 19 Bodenwand
- 21 Hohlspiegelstruktur
- 21a, b Hohlspiegel
- 22 Gitterstruktur
- 22a, b Gitterstruktur
- 23 Anschlußstruktur
- 23a, b Anschlußelement
- 24 Anschlußstruktur
- 24a, b Anschlußelement
- 30 Justagemittel
- 31 Nut
- 32 Feder
- 33 keilförmige Nut
- 34 keilförmiger Vorsprung
- 35 Freiraum
- 36 Vorsprung
- 37 Vorsprung
- 38 Keilfläche
- 39 Keilfläche
- 40 Maske
- 41 Maske
- 42 Pfeil
- 50 Lichtstrahl
- 60 Hohlkörper

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung miniaturisierter Formenkörper mit Strukturen, deren Detailabmessungen im Submikrometerbereich liegen, bei dem eine Form mit mindestens zwei selbstjustierend zusammenwirkenden Formeinsätzen verwendet wird, wobei die Justierung der Formeinsätze zueinander beim Schließen der Form erfolgt und deren Wände

zwei- und/oder dreidimensionale Strukturen aufweisen, die Form mit fließ- oder rieselfähigem Material gefüllt wird,

das eingefüllte Material verfestigt wird und nach dem Verfestigen des eingefüllten Materials die Form geöffnet und der Formenkörper entnommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Spritz- oder Reaktionsgießverfahren verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein flüssiges Polymermaterial, ein Gemisch aus Monomermaterialien, das in der Form polymerisiert, pulverförmiges Material oder Schlickermaterial verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisch transparentes Material verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als optisch transparentes Material PMMA verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gießharz aus Methacrylaten verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß selbstjustierende Formeinsätze verwendet werden, deren Wände mindestens eine planare oder gekrümmte Beugungsgitterstruktur, mindestens eine planare oder gekrümmte Spiegelstruktur und/oder mindestens eine Anschlußstruktur für polychromatisches und/oder monochromatisches Licht aufweisen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Entnahme aus der Form die Strukturen des Formenkörpers ganz oder teilweise verspiegelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verspiegelung mittels Plasmaverfahren, Aufdampfen, Sputtern oder Galvanisieren erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Entnahme des Formenkörpers (1. Formenkörper) aus der Form dieser zur Herstellung eines hohlen, metallischen Formenkörpers (2. Formenkörper) abgeformt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Abformen durch das Aufbringen mindestens einer metallischen Schicht auf dem ersten Formenkörper erfolgt und daß anschließend das Material des ersten Formenkörpers entfernt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen der metallischen Schicht/Schichten durch selektives Aufdampfen, Sputtern und/oder Galvanisieren erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schicht aus einer Nickel-Eisen-Legierung mit geringem Ausdehnungskoeffizienten aufgebracht wird.

14. Form zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mindestens zwei Formeinsätze (2, 4), die selbstjustierende Justagemittel (30, 31, 32, 33, 34, 36, 37) für eine präzise Relativjustage während des Schließvorgangs der Formsätze (2, 4) sowie zwei- und/oder dreidimensionale Strukturen (21-24) aufweisen.

15. Form nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Wände (12, 15) der Formeinsätze (2, 4) mittels feinwerk- oder mikrotechnischer Verfahren strukturiert

sind.

16. Form nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen (21–24) als separate Bauteile auf den Wänden der Formeinsätze (2, 4) befestigt sind.

17. Form nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen (21–24) Vertiefungen oder Erhöhungen sind. 5

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

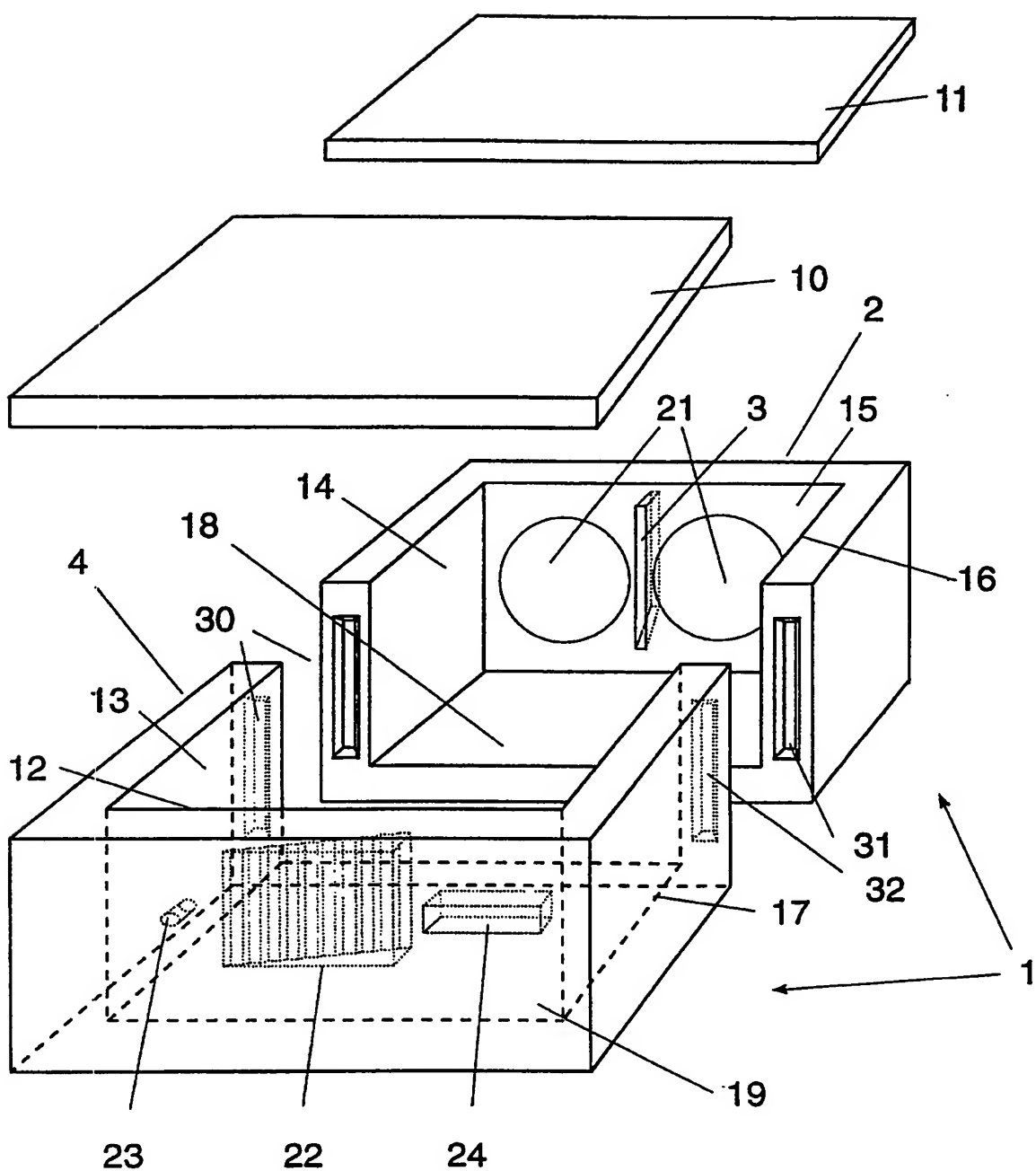


Fig. 1

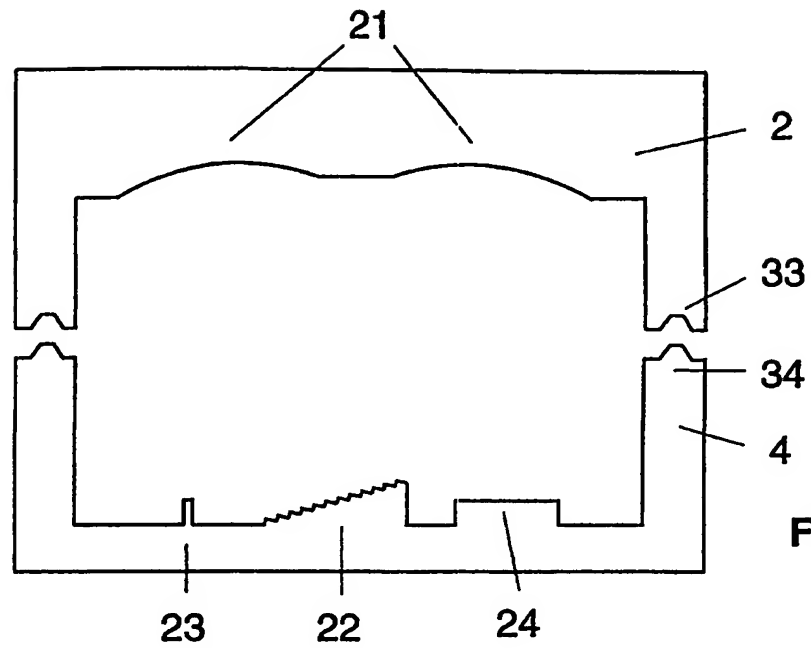


Fig. 2

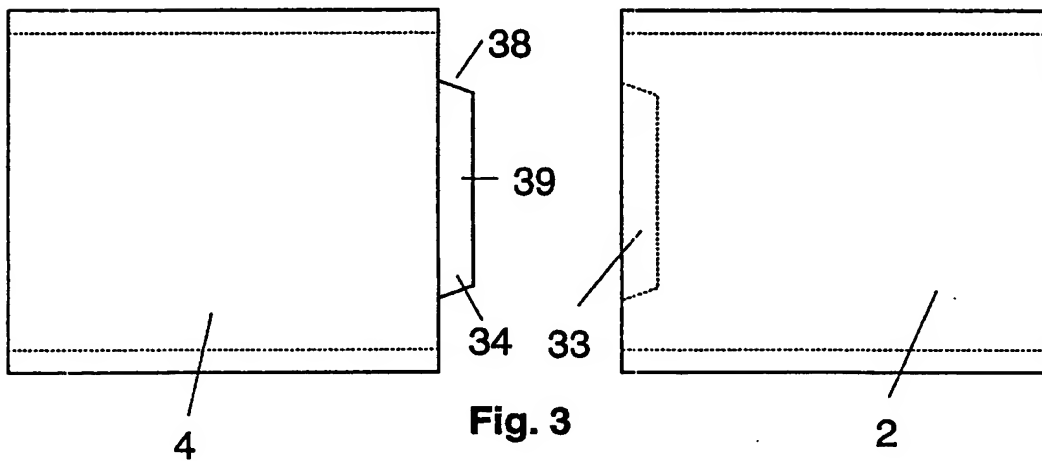


Fig. 3

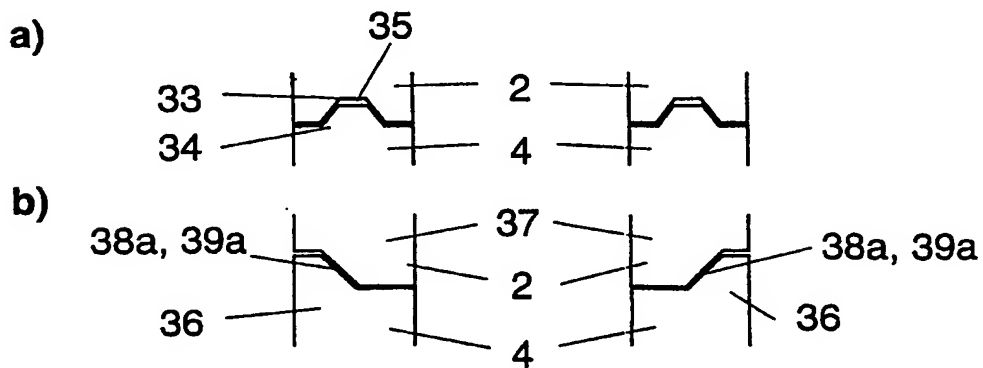


Fig. 4

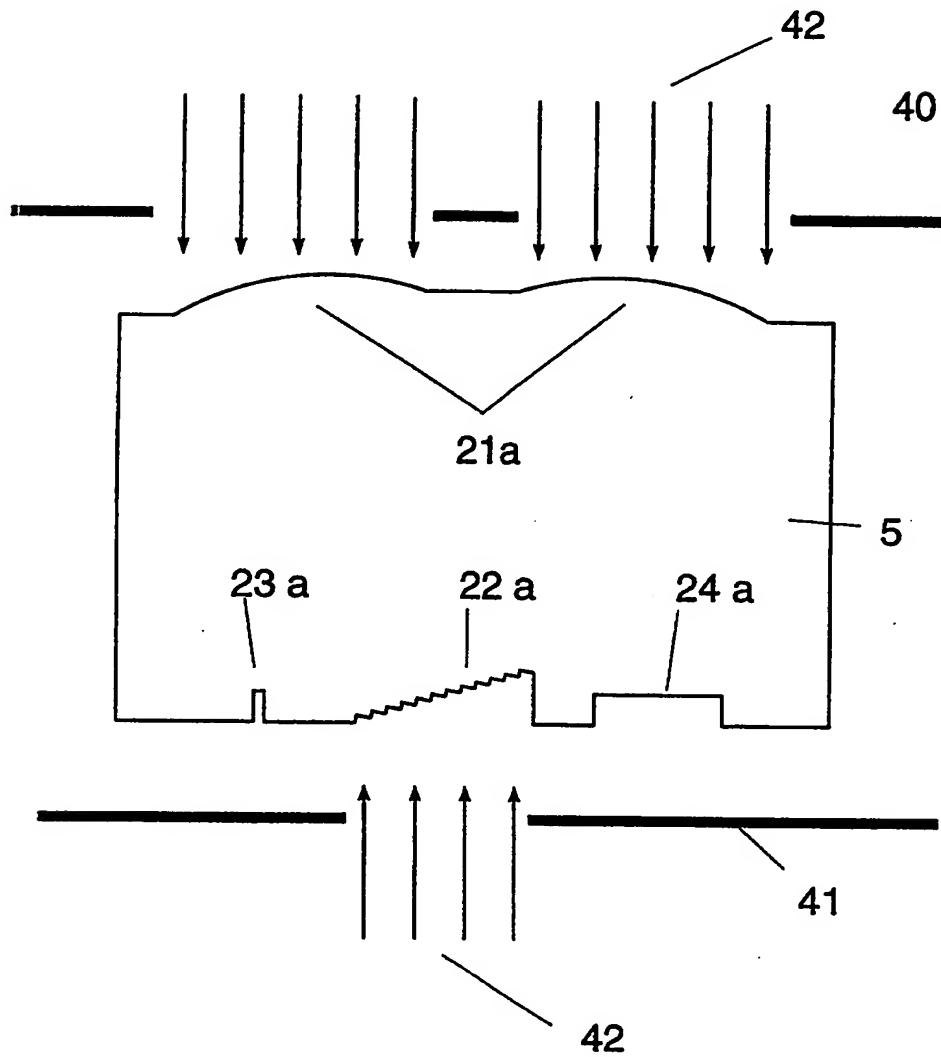


Fig. 5

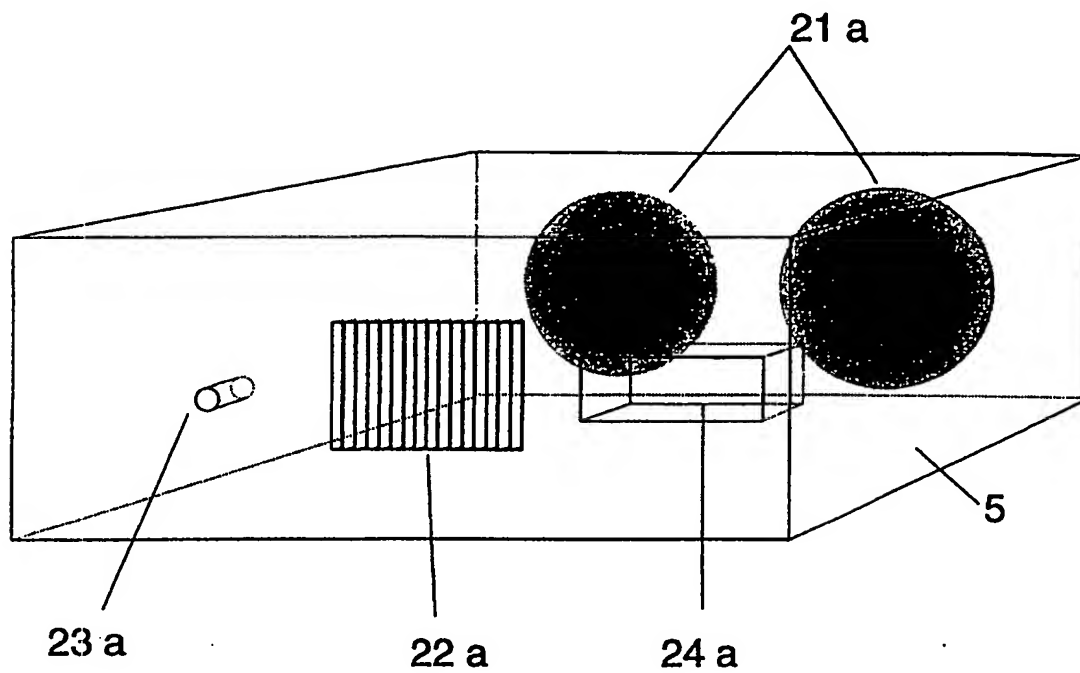


Fig. 6

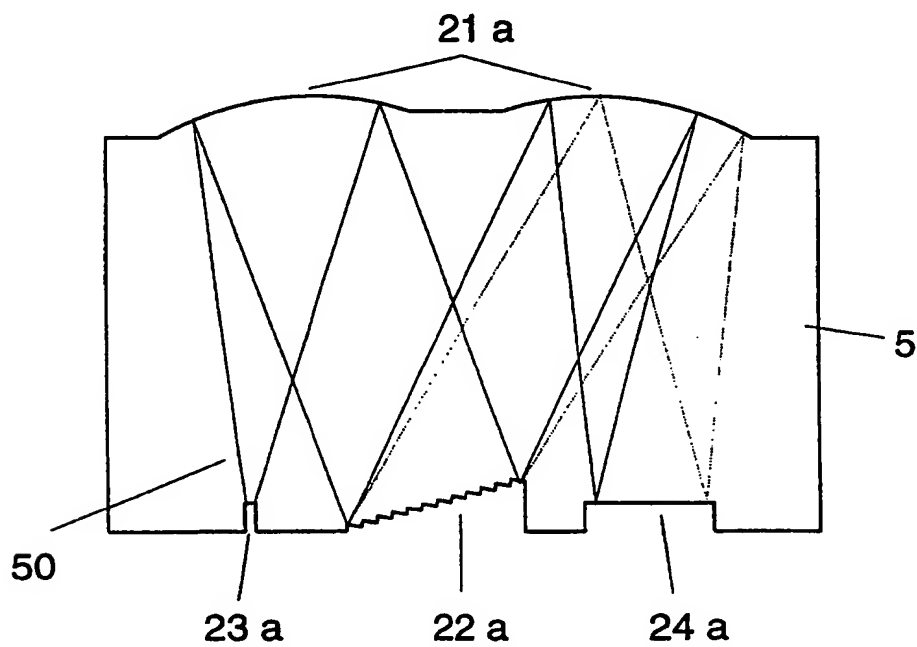


Fig. 7

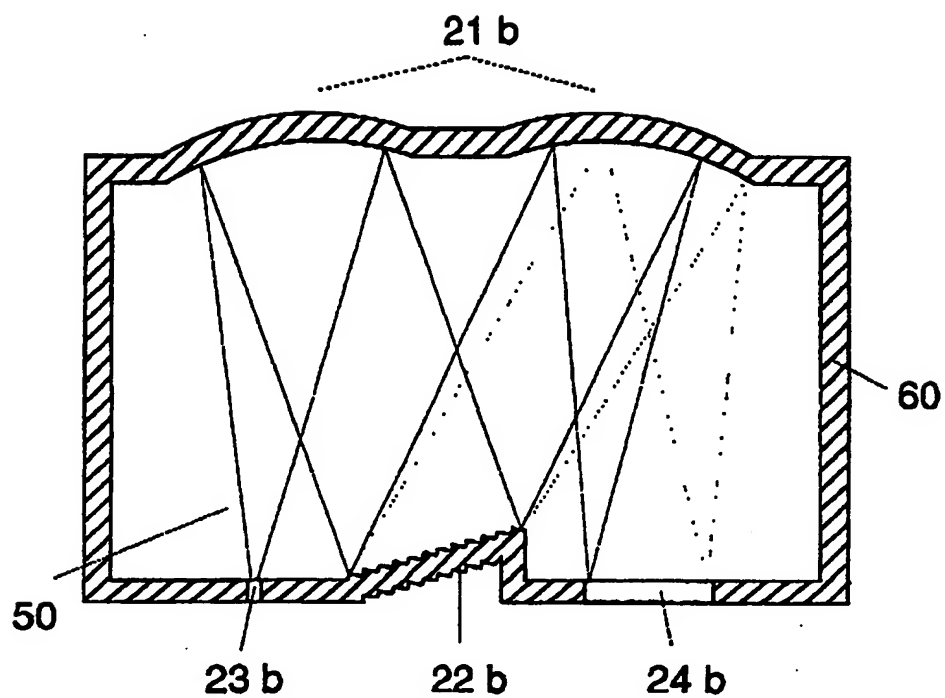


Fig. 8